



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 51 267 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**H 01 J 61/86**  
F 21 V 7/04  
F 21 V 7/22

21 Aktenzeichen: 101 51 267.8  
22 Anmeldetag: 17. 10. 2001  
43 Offenlegungstag: 30. 4. 2003

DE 101 51 267 A 1

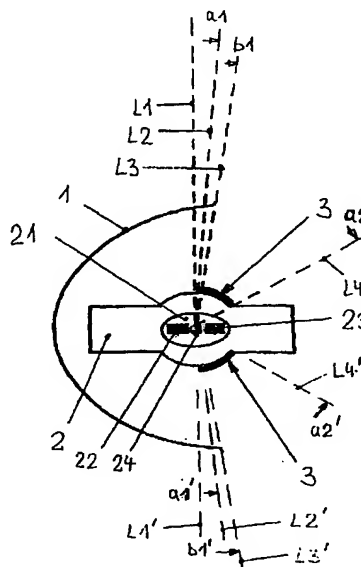
71 Anmelder:  
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
20099 Hamburg, DE

72 Erfinder:  
Moench, Holger, Dr., Vaals, NL; Ritz, Arnd, Dr.,  
52525 Heinsberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 **Beleuchtungseinheit**

57 Es wird eine Beleuchtungseinheit mit einer Lichtquelle (24), wie insbesondere einer Hochdruckgasentladungslampe (HID [high intensity discharge]-Lampe oder UHP [ultra high performance]-Lampe), einem Hauptreflektor (1) und einem Rückreflektor (3) mit einer dem Hauptreflektor gegenüberliegenden Öffnung, durch die Licht aus der Lichtquelle auf den Hauptreflektor reflektiert wird, beschrieben, die sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass das Zentrum der Lichtquelle (24) und der Rückreflektor (3) relativ zueinander so angeordnet oder gestaltet sind, dass ein zwischen dem Zentrum der Lichtquelle und dem Rand der Öffnung des Rückreflektors (3) aufgespannter erster Sektorwinkel ( $L2-L2'$ ) kleiner als  $180^\circ$  ist. Dadurch kann die Effizienz der Lichtabstrahlung erheblich gesteigert werden. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung betreffen verschiedene Formgebungen des Rückreflektors (3) und der Innenwände des Gasentladungsraums sowie die Gestaltung des den Gasentladungsraum umgebenden Teils des Glaskolbens, wodurch jeweils eine weitere Steigerung der Lichtausbeute erzielt werden kann.



DE 101 51 267 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinheit mit einer Lichtquelle, wie insbesondere in Form einer Hochdruckgasentladungslampe (HID [high intensity discharge]-Lampe oder UHP [ultra high performance]-Lampe), sowie mit einem Hauptreflektor und einem Rückreflektor mit einer dem Hauptreflektor gegenüberliegenden Öffnung, durch die Licht aus der Lichtquelle auf den Hauptreflektor reflektiert wird.

[0002] Beleuchtungseinheiten dieser Art werden auf Grund ihrer optischen Eigenschaften u. a. bevorzugt zu Projektionszwecken eingesetzt. Dabei werden insbesondere die sogenannten Kurzbogen-HID-Lampen verwendet, bei denen der Abstand zwischen den Spitzen der Elektroden relativ gering ist, so dass die eigentliche Lichtquelle (Lichtbogen) im wesentlichen punktförmig ist.

[0003] Aus der US-PS 5,491,525 ist eine Beleuchtungseinheit für Flüssigkristall-Protektionseinrichtungen bekannt, die einen Hauptreflektor, eine Lichtquelle, wie z. B. eine Entladungslampe, sowie einen die Lichtquelle im wesentlichen halbkugelförmig umgebenden Rückreflektor aufweist, mit dem Licht aus der Lichtquelle auf den Hauptreflektor reflektiert wird. Weiterhin sind verschiedene Filter, dichroitisch reflektierende Schichten sowie Linsenanordnungen vorgesehen, mit denen der Strahlengang des abgestrahlten Lichtes in bestimmter Weise beeinflusst und die Helligkeit auf einer Projektionsfläche erhöht werden soll.

[0004] Eine Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, besteht darin, eine Beleuchtungseinheit der eingangs genannten Art zu schaffen, die demgegenüber eine weiter erhöhte Effizienz (Lichtausbeute) sowie verbesserte optische Eigenschaften und Leistungsfähigkeiten aufweist.

[0005] Es soll auch eine Beleuchtungseinheit geschaffen werden, bei der die Bündelung des abgestrahlten Lichtes weiter verbessert ist.

[0006] Weiterhin soll eine Beleuchtungseinheit geschaffen werden, die auch bei in Draufsicht (d. h. entgegen der Abstrahlrichtung gesehen) nicht kreisförmigen, wie z. B. rechtwinkligen oder anders geformten Reflektoren eine verbesserte Bündelung des abgestrahlten Lichtes aufweist.

[0007] Schließlich soll eine Beleuchtungseinheit geschaffen werden, deren Lichtbündelung auch dann verbessert ist, wenn der Glaskolben einer als Lichtquelle verwendeten Entladungslampe relativ dicke Wände aufweist, wie sie zum Beispiel bei Hochdruck-Kurzbogenlampen notwendig sind.

[0008] Gelöst wird die Aufgabe mit einer Beleuchtungseinheit der eingangs genannten Art, die sich gemäß Anspruch 1 dadurch auszeichnet, dass das Zentrum der Lichtquelle und der Rückreflektor relativ zueinander so angeordnet oder gestaltet sind, dass ein zwischen dem Zentrum der Lichtquelle und dem Rand der Öffnung des Rückreflektors aufgespannter erster Sektorwinkel kleiner als  $180^\circ$  ist.

[0009] Unter dem Zentrum der Lichtquelle soll dabei der Bereich verstanden werden, in dem der wesentliche oder überwiegende Teil des Lichtes erzeugt wird.

[0010] Ein Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass Mehrfachreflektionen an dem Rückreflektor ganz oder zumindest weitgehend (in Abhängigkeit von der Ausdehnung der Lichtquelle sowie davon, ob alle Sektorwinkel, die sich bei einem Umlauf entlang des gesamten Randes der Öffnung des Rückreflektors ergeben, kleiner als  $180^\circ$  sind) vermieden werden, so dass die Lichtausbeute wesentlich verbessert werden kann.

[0011] Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

[0012] Mit den Ausführungen gemäß den Ansprüchen 2 und 3 kann die Lichtausbeute weiter erhöht werden.

[0013] Die Ausführung gemäß Anspruch 4 hat den Vorteil, dass ein seitliches Austreten von Licht aus der Beleuchtungseinheit vermieden wird.

[0014] Die Ausführung gemäß Anspruch 5 ist insbesondere im Falle von Hauptreflektoren mit sehr kleinem Durchmesser vorteilhaft.

[0015] Die gemäß Anspruch 6 verwendete Lichtquelle ist insbesondere für den Einsatz der Beleuchtungseinheit zu Projektionszwecken vorzuziehen.

[0016] Die Gestaltung des Rückreflektors gemäß Anspruch 7 ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Hauptreflektor in Draufsicht nicht kreisförmig ist.

[0017] Die Ausführung gemäß Anspruch 8 hat den Vorteil, dass auch in dem Fall, in dem die Wand des den Gasentladungsraum umgebenden Teils des Glaskolbens relativ dick ist, keine Linseneffekte oder andere nachteilige Beeinflussungen des Strahlengangs des erzeugten Lichtes auftreten.

[0018] Mit der Ausführung gemäß Anspruch 9 werden Temperaturerhöhungen des Glaskolbens aufgrund des Rückreflektors vermieden.

[0019] Mit der Ausführung gemäß Anspruch 10 können bestimmte Spektralbereiche des Lichtes bevorzugt abgestrahlt werden. Die Ausführungen der Ansprüche 11 bis 13 beschreiben Materialien, die zur Erzeugung einer dichroitischen Reflexion und unter dem Gesichtspunkt von geeignet angepassten Ausdehnungskoeffizienten bevorzugt eingesetzt werden können.

[0020] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen anhand der Zeichnung. Es zeigt:

[0021] Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine erste Ausführungsform;

[0022] Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt durch eine zweite Ausführungsform;

[0023] Fig. 3 schematische Schnittdarstellungen durch eine dritte Ausführungsform; und

[0024] Fig. 4 einen schematischen Längsschnitt durch eine vierte Ausführungsform.

[0025] Die im folgenden beschriebenen Ausführungsformen sind insbesondere zur Anwendung in Projektionssystemen geeignet.

[0026] Die erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit umfasst gemäß Fig. 1 einen Hauptreflektor 1, der im wesentlichen die Form eines Parabolspiegels aufweist oder einen ellipsenähnlichen oder einen anderen Längsschnitt hat, der in Abhängigkeit von der Art der für eine vorgesehene Anwendung erforderlichen Bündelung gewählt wird.

[0027] Fig. 1 zeigt weiterhin als wesentlichen Teil einer Gasentladungslampe den Glaskolben 2 mit einem Entladungsraum 21, in dem sich ein Entladungsgas sowie eine Elektrodenanordnung befindet. Die Elektrodenanordnung ist durch eine erste, dem Hauptreflektor gegenüberliegende Elektrode 22 und eine zweite Elektrode 23 gebildet, zwischen deren Spitzen in bekannter Weise eine Gasentladung 24 angeregt wird. Der Glaskolben 2 und der Hauptreflektor 1 sind relativ zueinander so angeordnet, dass die die eigentliche Lichtquelle darstellende Gasentladung 24 im wesentlichen im Brennpunkt des Hauptreflektors liegt.

[0028] An dem Glaskolben 2 befindet sich ein Rückreflektor 3 in Form einer reflektierenden Schicht, die auf einen Teil der Oberfläche des den Entladungsraum umgebenden Glaskolbens aufgebracht ist. Dieser Teil der Oberfläche ist so geformt, dass das aus der Gasentladung 24 auf den Rückreflektor 3 auftreffende Licht durch die Öffnung des Rückreflektors 3 auf den Hauptreflektor 1 reflektiert wird. Die

Oberfläche ist im allgemeinen kugelförmig.

[0029] Zur Erläuterung der Bemessung des Hauptreflektors 1 sowie des Rückreflektors 3 sind in Fig. 1 verschiedene Hilfslinien eingezeichnet. Eine erste Hilfslinie L1 bzw. L1' verläuft von dem Zentrum der Lichtquelle (Gasentladung) 24 senkrecht zu der Längsrichtung der Lampe (d. h. der Abstrahlungsrichtung) und stellt eine Bezugslinie dar. Eine zweite Hilfslinie L2 bzw. L2' verläuft zwischen dem Zentrum der Gasentladung 24 und dem Rand der Öffnung des Rückreflektors 3. Eine dritte Hilfslinie L3 bzw. L3' verläuft zwischen dem Zentrum der Gasentladung 24 und dem Rand der Öffnung des Hauptreflektors 1, während eine vierte Hilfslinie L4 bzw. L4' schließlich zwischen dem Zentrum der Gasentladung 24 und dem Ende des Rückreflektors 3 gezogen ist, das von dem Hauptreflektor 1 abgewandt ist.

[0030] Demgemäß sei im folgenden ein erster Winkel  $\alpha_1$  (bzw.  $\alpha_1'$ ) zwischen der ersten Hilfslinie L1 (bzw. L1') und der zweiten Hilfslinie L2 (bzw. L2'), ein zweiter Winkel  $\beta_1$  (bzw.  $\beta_1'$ ) zwischen der ersten Hilfslinie L1 (bzw. L1') und der dritten Hilfslinie L3 (bzw. L3') sowie ein dritter Winkel  $\alpha_2$  (bzw.  $\alpha_2'$ ) zwischen der ersten Hilfslinie L1 (bzw. L1') und der vierten Hilfslinie L4 (bzw. L4') definiert.

[0031] Eine optimale Bündelung des abgestrahlten Lichtes kann durch eine und/oder mehrere der folgenden Bemessungen erreicht werden:

Zur Vermeidung von Lichtverlusten durch seitliche Abstrahlung aufgrund der endlichen Ausdehnung der Gasentladung (Lichtbogen) sollten die ersten Winkel  $\alpha_1$ ,  $\alpha_1'$  stets kleiner als die zweiten Winkel  $\beta_1$ ,  $\beta_1'$  sein.

[0032] Weiterhin hat sich gezeigt, dass die Lichtausbeute dann besonders gut ist, wenn die ersten Winkel  $\alpha_1$ ,  $\alpha_1'$  größer als 0 sind. Dies bedeutet, dass sich gemäß der obigen Definition der Rückreflektor 3 in Richtung auf den Hauptreflektor nicht ganz bis zur Hälfte des den Entladungsraum umgebenden Teils des Glaskolbens erstreckt. Dadurch wird insbesondere vermieden, dass Lichtanteile, die von der Lichtquelle ausgehen, im Bereich des Randes der Öffnung des Rückreflektors 3 mehrfach in diesem hin- und herreflektiert werden, ohne auf den Hauptreflektor 1 zu treffen.

[0033] Besonders vorteilhafte Eigenschaften der Lampe werden erzielt, wenn die ersten Winkel  $\alpha_1$ ,  $\alpha_1'$  jeweils größer als 0 Grad und kleiner als etwa 20 Grad gewählt werden.

[0034] Dies bedeutet, dass ein erster Sektorwinkel L2-L2', der zwischen dem Zentrum der Lichtquelle 24 einerseits und dem Rand der Öffnung des Rückreflektors 3 andererseits aufgespannt wird und sich somit in der Darstellung der Fig. 1 zwischen den beiden zweiten Hilfslinien L2, L2' erstreckt, kleiner als 180 Grad und vorzugsweise größer als etwa 140 Grad sein sollte. Diese Bedingung sollte vorzugsweise für alle Sektorwinkel gelten, die sich bei einem Umlauf entlang des Randes der Öffnung ergeben.

[0035] Die oben gegebenen Bemessungsregeln gelten insbesondere dann, wenn der Abstand zwischen den Spitzen der Elektroden 22, 23, wie zum Beispiel bei Kurzbogenlampen, relativ gering ist. In dem Fall jedoch, in dem dieser Abstand größer und somit der Lichtbogen länger ist, ist es vorzuziehen, die Bemessung der Reflektoren auf andere Weise vorzunehmen.

[0036] Zu diesem Zweck sind die in Fig. 2 eingezeichneten Hilfslinien zu verwenden. Die ersten, dritten und vierten Hilfslinien L1, L3, L4 sind dabei identisch mit den in gleicher Weise bezeichneten Hilfslinien der Fig. 1. Die zweite Hilfslinie L2 erstreckt sich hierbei jedoch zwischen der Spitze der zweiten Elektrode 23 und dem Rand der Öffnung des Rückreflektors 3.

[0037] In diesem Fall ergibt sich eine optimale Bündelung des abgestrahlten Lichtes dann, wenn sich der Rückreflektor 3 in Richtung auf den Hauptreflektor bis auf die Höhe der

Spitze der zweiten Elektrode 23 erstreckt. In diesem Fall verläuft die zweite Hilfslinie L2 also im wesentlichen parallel zu der ersten Hilfslinie L1. Außerdem sollte der zweite Winkel  $\beta_1$  wiederum so groß sein, dass eine seitliche Lichtabstrahlung vermieden wird.

[0038] Für bestimmte Anwendungen, bei denen besondere Anforderungen an die Lichtbündelung gestellt werden, wie zum Beispiel bei der Anwendung für sehr kleine Displays, ist das Gesamtsystem aus Lichtquelle, Rückreflektor und Hauptreflektor zu betrachten, um die Effizienz der Lichtabstrahlung zu optimieren. Der Durchmesser des Hauptreflektors 1 wird dabei im allgemeinen so klein wie möglich gemacht, so dass der zweite Winkel  $\beta_1$  nicht wesentlich größer als 0 Grad ist. In diesem Fall und für diese Anwendungen kann es vorteilhaft sein, wenn sich der Rückreflektor 3 mit dem Rand seiner Öffnung bis zu einem Punkt erstreckt, der etwa auf der Höhe der Mitte zwischen der Spitze der zweiten Elektrode 23 einerseits und der Mitte zwischen den beiden Spitzen der Elektroden 22, 23 andererseits liegt.

[0039] Ein bevorzugtes gemeinsames Merkmal aller Ausführungen besteht somit darin, dass sich die den Rückreflektor bildende Beschichtung nicht ganz bis zur Hälfte des den Gasentladungsraum umschließenden Bereiches des Glaskolbens erstreckt.

[0040] Insbesondere in Kombination mit einem Parabolreflektor als Hauptreflektor 1 kann auch bei einem sehr kleinen Durchmesser des Hauptreflektors eine große Effizienz der Lichtbündelung erreicht werden, wenn für das Verhältnis zwischen dem Durchmesser  $d$  und der Brennweite  $f$  des Hauptreflektors die Bedingung  $d > 4f$  gilt. Wenn der Durchmesser des Parabolreflektors zum Beispiel etwa 30 mm und dessen Brennweite etwa 6 mm beträgt, wird mit dem in der oben beschriebenen Weise bemessenen Rückreflektor 3 an dem Glaskolben eine um etwa 30 bis 40 Prozent höhere Effizienz bei der Anwendung in Projektionssystemen erzielt, als ohne Rückreflektor.

[0041] Wesentlich für eine dauerhafte Steigerung dieser Effizienz und somit für eine lange Lebensdauer der Beleuchtungseinheit ist, dass eine Schwärzung der Innenwände des Entladungsraums verhindert wird. Eine solche Schwärzung hätte nämlich nicht nur eine Beeinträchtigung des Reflektionsvermögens des Rückreflektors zur Folge, sondern würde aufgrund der teilweisen Absorption der Lichtstrahlung auch zu einer erhöhten thermischen Belastung des Glaskolbens führen. Eine Schwärzung ist am besten mit einem der bekannten regenerativen chemischen Zyklen zu verhindern, so dass die Lichtquelle vorzugsweise eine Hochdruck-Gasentladungslampe (HID [high intensity discharge]-Lampe oder UHP [ultra high performance]-Lampe) ist. Lampen dieser Art mit Rückreflektor konnten über mehr als tausend Stunden betrieben werden, ohne dass Probleme mit den Elektroden oder dem Glaskolben auftraten oder Veränderungen an diesen gegenüber bekannten Lampen ohne Rückreflektor vorgenommen werden mussten.

[0042] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Beleuchtungseinheit wurde als Lichtquelle eine Kurzbogenlampe mit einer Lichtbogenlänge von weniger als 2 mm, einer Wandbelastung von mehr als 1 W/mm<sup>2</sup> und einer Gesamtleistung der Lampe von zwischen 50 und 1200 W gewählt. Das Entladungsgas enthielt ein Edelgas wie zum Beispiel Argon, Quecksilber unter hohem Druck (zum Beispiel mit einer Menge von mehr als etwa 0,15 mg/mm<sup>3</sup>) und Brom mit einer Menge von zwischen etwa 0,001 und etwa 10 µmol/cm<sup>3</sup> sowie Sauerstoff, so dass ein Wolfram-Transportzyklus ablaufen konnte.

[0043] Aus praktischen Gründen werden in manchen Projektionssystemen Beleuchtungseinheiten mit einem in

Draufsicht quadratischen Reflektor verwendet. Fig. 3a zeigt eine solche Beleuchtungseinheit in Draufsicht und Fig. 3b in Seitenansicht, wobei nur der Hauptreflektor 1 und der Glaskolben 2 schematisch angedeutet sind. Eine besonders effiziente Bündelung des abgestrahlten Lichtes ergibt sich für Hauptreflektoren dieser Art mit einer gegenüber den Fig. 1 und 2 abweichenden Form des Rückreflektors 3, wie sie in Fig. 3c dargestellt ist. Fig. 3c zeigt schematisch in Seitenansicht den Glaskolben 2 mit der ersten und zweiten Elektrode 22, 23, zwischen denen die Gasentladung 24 angeregt wird, sowie den Rückreflektor 3. Der in der Fig. 3c gezeigte Rand der Öffnung des Rückreflektors, die dem Hauptreflektor (nicht dargestellt) gegenüberliegt, wird vorzugsweise wie folgt konstruktiv ermittelt:

Zunächst sei eine gerade Linie zwischen der Spitze der zweiten Elektrode 23 und dem Rand der Öffnung des Hauptreflektors, d. h. dessen optisch aktiver Fläche, gezogen. Anschließend wird diese Linie entlang dieses Randes um 360 Grad um die rotationssymmetrische Achse des Glaskolbens bewegt. Die Schnittlinie, die sich dabei zwischen der Linie und dem Glaskolben ergibt, stellt den Rand der für eine optimale Effizienz bevorzugten Form der Öffnung des Rückreflektors dar. Anders ausgedrückt wird dieser Rand durch eine Projektion des Randes des Hauptreflektors entlang einer von der Spitze der zweiten Elektrode ausgehenden trichterförmigen Fläche auf den Glaskolben erzeugt.

[0044] Es sei darauf hingewiesen, dass sich der Verlauf des optimalen Randes der Beschichtung, die als Rückreflektor dienen soll, aus der Position der Elektroden und der Position des Hauptreflektors und nicht der Position des Glaskolbens ergibt. Bei bestimmten Anwendungen, wie sie oben beispielhaft genannt sind, kann es vorteilhaft sein, zur Bestimmung des genannten Randes der Öffnung des Rückreflektors die gezogene Linie nicht an der Spitze der zweiten Elektrode 23, sondern an einem Punkt auf der Verbindungslinie der beiden Elektroden 22, 23 beginnen zu lassen. In jedem Fall liegt dieser Punkt jedoch näher an der zweiten (vorderen) Elektrode 23 als an der ersten Elektrode 22. In Fig. 3c ist der Rückreflektor und insbesondere dessen die Öffnung abgrenzender Rand eingezeichnet, der sich für einen in Fig. 3a gezeigten, in Draufsicht im wesentlichen quadratischen Hauptreflektor nach der oben beschriebenen Anweisung ergibt.

[0045] Ein weiterer Gesichtspunkt, der im Hinblick auf die Steigerung der optischen Leistungsfähigkeit zu beachten ist, sind die geometrischen Abmessungen des Glaskolbens und insbesondere des Bereiches, der den Gasentladungsraum umgibt. Dies betrifft insbesondere die sogenannten Kurzbogenlampen mit einem hohen Gasdruck, da in diesem Fall die Wände relativ dick sein müssen und deshalb die Wirkung einer Linse haben können, die das Bild des Lichtbogens, das auf den Hauptreflektor zurückreflektiert wird, stören können.

[0046] Fig. 4 zeigt schematisch den zentralen Bereich des Glaskolbens in Seitenansicht mit dem Gasentladungsraum 21 in vereinfachter Darstellung, in dem die Elektroden 22, 23 angeordnet sind. Der Gasentladungsraum hat dabei eine im Längsschnitt im wesentlichen ellipsenähnliche Form, die durch gerade, in Längsrichtung verlaufende Wandabschnitte 210, 211, 212, 213 sowie zwei Stirnwände 214, 215 angenähert ist. Es hat sich gezeigt, dass besonders vorteilhafte optische Eigenschaften dann erzielt werden, wenn für die Neigung  $s$  der Wandabschnitte, die sich näherungsweise aus der Differenz zwischen dem größten ( $d_g$ ) und dem kleinsten ( $d_{\min}$ ) Innendurchmesser des Gasentladungsraums, dividiert durch dessen Länge ( $l_g$ ) ergibt, ein Wert  $s$  im Bereich zwischen etwa 0,3 und etwa 0,8 gewählt wird.

[0047] Für die äußere Form des den Gasentladungsraum

21 umgebenden Glaskolbens gilt, dass diese entweder im wesentlichen die Form einer Kugel oder einer Ellipse haben sollte. Im Falle einer Kugel sollte der Lichtbogen im Mittelpunkt der Kugel zentriert sein. Im Falle einer Ellipse sollte der Abstand zwischen deren beiden Brennpunkten nicht größer sein als der Abstand zwischen den Spitzen der beiden Elektroden 22, 23, wobei die Brennpunkte innerhalb des Lichtbogens liegen sollten.

[0048] Weiterhin hat sich gezeigt, dass sich der Glaskolben durch die Beschichtung mit einer reflektierenden Schicht auf eine höhere Temperatur erwärmt, als ohne Beschichtung. Diese Temperaturerhöhung erfordert nicht nur eine höhere Haltbarkeit und Stabilität der reflektierenden Beschichtung, sondern hat auch eine beschleunigte nachteilige Veränderung des Glaskolbens bzw. des Quarzmaterials, aus dem der Glaskolben hergestellt ist, zur Folge. Diese Veränderungen können einerseits in einer Rekristallisation der inneren Wand des Gasentladungsraums und andererseits sogar in einer Deformation des Kolbens durch den hohen Gasdruck in diesem Raum bestehen.

[0049] Es hat sich überraschend gezeigt, dass diese Probleme weitgehend dadurch gelöst werden können, dass der Glaskolben im Bereich des Gasentladungsraums einen etwas größeren äußeren Durchmesser ( $d_a$ ) erhält. Wenn zum Beispiel der äußere Durchmesser bei einem mit einer reflektierenden Beschichtung versehenen Glaskolben um etwa zehn Prozent gegenüber einem Glaskolben für eine Entladungslampe mit gleicher Leistung und ohne Beschichtung vergrößert wird, ergeben sich für beide Lampen im wesentlichen gleiche Temperaturen und die gleichen Lebensdauern. Dieses Ergebnis wird auch noch mit um etwa fünf bis fünfzehn Prozent vergrößerten Außendurchmessern erzielt.

[0050] Im Hinblick auf die Art des Rückreflektors hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dichroitisch reflektierende Beschichtungen zu verwenden, die z. B. mit einem Sputter-Prozess auf dem Glaskolben abgelagert werden können.

[0051] Wenn der Rückreflektor mit Interferenzfiltern realisiert wird, sind mindestens zwei verschiedene Materialien erforderlich, die jeweils einen hohen bzw. einen niedrigen Brechungsindex aufweisen. Zur Erzielung einer guten Filterwirkung sollte die Differenz zwischen den Brechungsindizes der zwei Materialien so groß wie möglich sein.

[0052] Ein weiterer wichtiger Parameter bei der Auswahl der Materialien ist deren thermischer Ausdehnungskoeffizient. Um während des Betriebes der Lampe zu hohe mechanische Spannungen zu vermeiden, sollte dieser Ausdehnungskoeffizient möglichst weitgehend mit demjenigen des Trägermaterials, das heißt im allgemeinen des Materials, aus dem der Glaskolben gefertigt ist, übereinstimmen. Außerdem müssen diese Materialien insbesondere dann eine ausreichende Temperaturfestigkeit aufweisen, wenn sie auf eine UHP-Lampe (900–1000°C) aufgebracht werden sollen.

[0053] Für das Material mit dem niedrigen Brechungsindex wird bevorzugt Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ) verwendet, das somit das gleiche ist, aus dem auch der Glaskolben hergestellt wird. Für das Material mit dem hohen Brechungsindex stehen u. a. folgende Materialien zur Auswahl:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ .

[0054]  $\text{TiO}_2$  ist ein sehr gutes optisches Material mit einem sehr hohen Brechungsindex, jedoch auch einem sehr hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Für die üblichen Ablagerungsprozesse wird  $\text{TiO}_2$  in der kristallographischen Modifikation von Anatas verwendet. Bei Temperaturen oberhalb von 650°C unterliegt  $\text{TiO}_2$  einer Umwandlung in die Rutil-Modifikation, die eine höhere Dichte aufweist. Dadurch können in den Schichten zusätzliche Spannungen entstehen, so dass die Anwendung von  $\text{TiO}_2$  normalerweise auf Temperaturbereiche beschränkt ist, die deutlich unter-

halb der Betriebstemperaturen von UHP-Lampen liegen. Ein Ausweg kann hierbei jedoch darin bestehen, in einem ersten Schritt das  $\text{TiO}_2$  direkt in dem Rutil-Zustand abzulagern. Zu diesem Zweck kann zum Beispiel das TwinMag-Verfahren der Firma Leybold angewendet werden. Mit einem zweiten Schritt, der nachfolgend im Zusammenhang mit  $\text{ZrO}_2$  beschrieben wird, kann dann eine Stabilisierung des Filters vorgenommen werden.

[0055]  $\text{ZrO}_2$  ist ein optisches Material mit einem mittleren Brechungsindex, dessen optische Eigenschaften bei hohen Temperaturen sehr stabil sind. Es hat jedoch auch einen sehr hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Da das Trägermaterial im allgemeinen einen wesentlich geringeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist, können in Filterstapeln Risse entstehen. Diese Risse können jedoch weitgehend dadurch verhindert werden, dass der Filterstapel mit einem Überzug aus Silika (vgl. WO 98/23897) versehen wird, um damit zumindest einen Teil der Spannungen zu kompensieren. Diese Maßnahme ist auch bei der oben beschriebenen Anwendung von  $\text{TiO}_2$  möglich.

[0056]  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  ist schließlich ein gutes optisches Material mit einem hohen Brechungsindex und einem mittleren thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Die Fehlanpassung an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Trägermaterials ist so gering, dass Filterstapel auch an UHP-Lampen stabil sind. Nach langer Betriebsdauer (etwa mehrere hundert Stunden, jedoch vor Ablauf der Lebensdauer der Lampe) zeigen die Schichten eine weißliche Erscheinung, so dass sich die optischen Eigenschaften durch Streuung verschlechtern können. Abhilfe kann dadurch geschaffen werden, dass die Konstruktion der Lampe so verändert wird, dass sich die Temperatur der Schichten auf einen Wert vermindert, bei dem die Schichten während der gesamten Lebensdauer der Lampe ihre optimalen optischen Eigenschaften behalten.

[0057] Darüber hinaus ist es möglich, durch Mischen von zwei oder mehr der bekannten Beschichtungsmaterialien neue Materialien mit optimierten Eigenschaften zu schaffen. Solche Materialien bzw. ein Tauchbeschichtungsverfahren für Filter sind zum Beispiel aus der US-PS 4,940,636 und dem Aufsatz von H. Köstlin et al "Optical filters on linear halogen-lamps prepared by dip-coating" in Journal of Non-Crystalline Solids 218, 1997, Seiten 347-353 bekannt, die durch Bezugnahme zum Bestandteil dieser Offenbarung gemacht werden sollen. Insbesondere eine Mischung aus  $\text{TiO}_2$  und  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  hat bis zu einer Temperatur von etwa  $1000^\circ\text{C}$  eine gute thermische Stabilität, was für die UHP-Lampen im allgemeinen ausreichend ist. Da die Tauchbeschichtung jedoch bei relativ kleinen ellipsenförmigen UHP-Lampen mit Schwierigkeiten verbunden sein kann, ist es im allgemeinen vorzuziehen, die Beschichtung mit einem Sputterprozess vorzunehmen.

[0058] Neben den oben beschriebenen Materialien und Materialmischungen sind eine große Anzahl weiterer Materialien und deren Mischungen anwendbar, die durch Versuche ermittelt werden können.

[0059] Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinheit ist insbesondere zur Anwendung in Projektionssystemen zum Beispiel für Displays geeignet.

#### Patentansprüche

1. Beleuchtungseinheit mit einer Lichtquelle, einem Hauptreflektor und einem Rückreflektor mit einer dem Hauptreflektor gegenüberliegenden Öffnung, durch die Licht aus der Lichtquelle auf den Hauptreflektor reflektiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zentrum der Lichtquelle (24) und der Rückreflektor (3) relativ

zueinander so angeordnet oder gestaltet sind, dass ein zwischen dem Zentrum der Lichtquelle und dem Rand der Öffnung des Rückreflektors (3) aufgespannter erster Sektorwinkel ( $L_2-L_2'$ ) kleiner als  $180^\circ$  ist.

2. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (24) und der Rückreflektor (3) relativ zueinander so angeordnet oder gestaltet sind, dass die Lichtquelle (24) außerhalb einer durch den Rand der Öffnung des Rückreflektors (3) aufgespannten Ebene liegt.

3. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rückreflektor (3) auf eine kugelförmige Oberfläche aufgebracht ist und der erste Sektorwinkel einen Wert von mindestens etwa  $140^\circ$  aufweist.

4. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein zwischen der Lichtquelle (24) und dem Rand der Öffnung des Hauptreflektors (1) aufgespannter zweiter Sektorwinkel ( $L_3-L_3'$ ) einen Wert aufweist, der größer oder gleich der Differenz aus  $360^\circ$  und dem Wert des ersten Sektorwinkels des Rückreflektors (3) ist.

5. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für das Verhältnis zwischen dem Durchmesser  $d$  und der Brennweite  $f$  des Hauptreflektors (1) die Bedingung  $d > 4f$  gilt.

6. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle durch eine Hochdruck-Gasentladungslampe mit einer Lichtbogenlänge von weniger als etwa 2 mm gebildet ist, deren Entladungsgas ein Edelgas wie Argon, Quecksilber unter hohem Druck und Brom mit einer Menge von zwischen etwa 0,00 l und etwa  $10 \mu\text{mol}/\text{cm}^3$  sowie Sauerstoff enthält, wobei der Rückreflektor (3) durch eine auf den Glaskolben (2) der Gasentladungslampe aufgebrachte reflektierende Beschichtung gebildet ist.

7. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf des Randes der Öffnung des Rückreflektors (3) eine Projektion des Randes der Öffnung des Hauptreflektors (1) in Richtung der Lichtquelle (24) auf den Glaskolben (2) der Gasentladungslampe darstellt.

8. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasentladungsraum (21) eine im wesentlichen ellipsenähnliche Form mit Wandabschnitten (210, 211, 212, 213) aufweist, deren Neigung einen Wert im Bereich zwischen etwa 0,3 und etwa 0,8 aufweist.

9. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vermeidung einer insbesondere durch den Rückreflektor (3) verursachten Temperaturerhöhung des Glaskolbens (2) der Glaskolben in dem den Gasentladungsraum umgebenden Bereich einen um etwa 5 bis 15 Prozent vergrößerten Außendurchmesser im Vergleich zu einem Glaskolben ohne Rückreflektor aufweist.

10. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die den Rückreflektor (3) bildende Beschichtung dichroitisch reflektierend ist.

11. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung durch ein Interferenzfilter gebildet ist, das ein erstes Material mit einem niedrigen Brechungsindex und ein zweites Material mit einem hohen Brechungsindex aufweist.

12. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Material  $\text{SiO}_2$  ist.

13. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Material  $\text{TiO}_2$  und/

oder  $\text{ZrO}_2$  und/oder  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  ist.

14. Projektionssystem mit mindestens einer Beleuchtungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

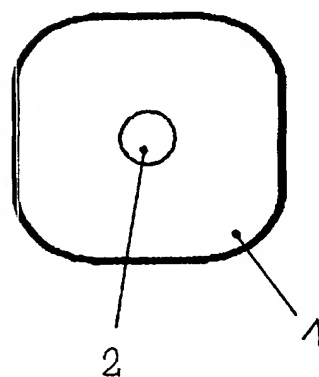
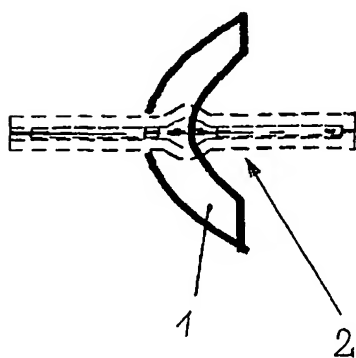
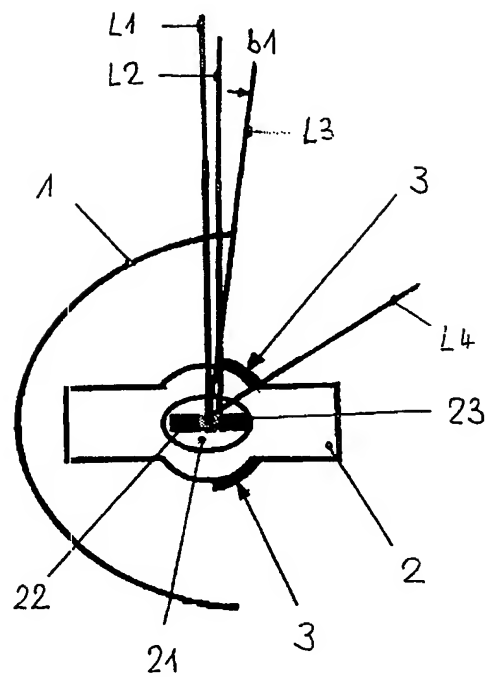
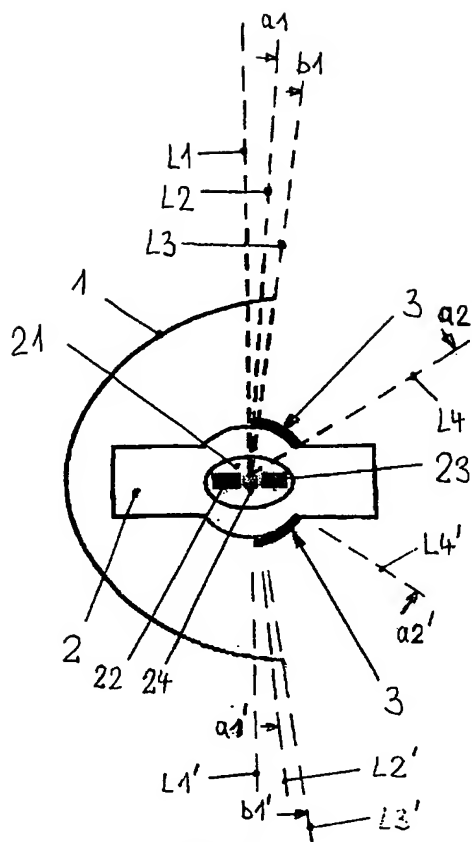
45

50

55

60

65



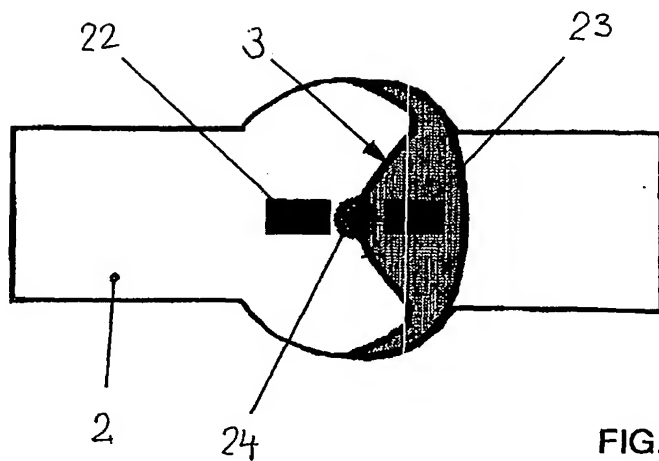


FIG. 3c

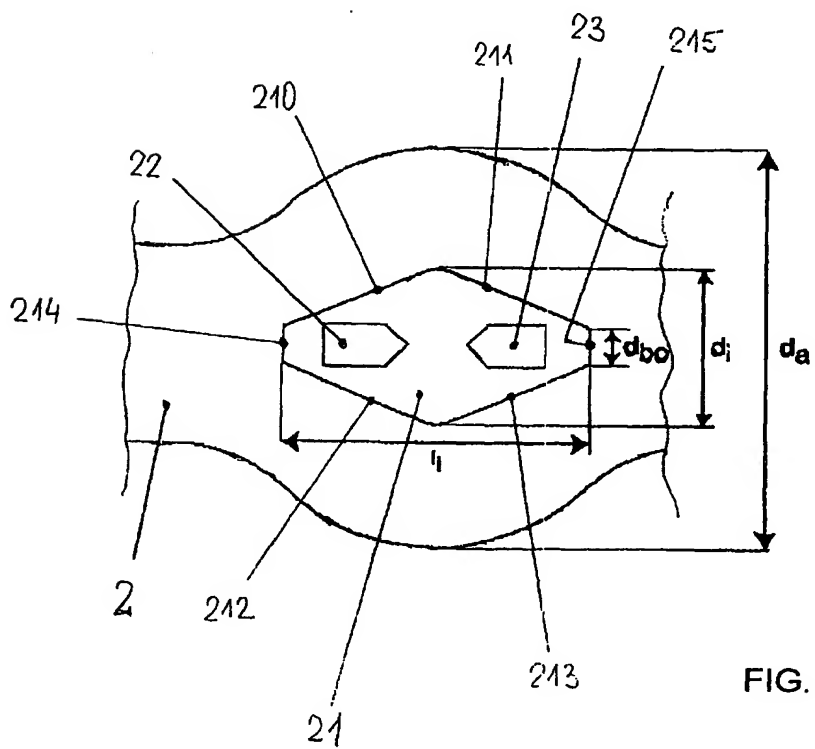


FIG. 4